

## I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

<b>Název práce:</b>	<b>Analýza motorového flutteru Whirl Flutter</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Jan Mravinac</b>
<b>Typ práce:</b>	diplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	Ústav letadlové techniky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Jiří Čečrdle, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Výzkumný a zkušební letecký ústav, Praha - Letňany

## II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Předkládaná práce se zabývá analýzou aeroelastického jevu vířivý flatr (whirl flutter). Hlavním cílem práce je sestavení programového prostředku pro analýzu vířivého flatru pro základní případ se dvěma stupni volnosti a provedení sady výpočtů pro zadaný modelový případ. S tím dále souvisí i nezbytný teoretický rozbor řešené problematiky pro sestavení příslušných pohybových rovnic a výpočtových algoritmů. Vířivý flatr je velmi specifický aeroelastický jev, jehož fyzikální podstata je poměrně komplikovaná. Tomu odpovídá i náročnost práce při sestavování výpočtového modelu. Lze konstatovat, že z hlediska náročnosti je definované zadání na vysoké úrovni, tím spíše, že řešená problematika není v odborné literatuře příliš frekventovaná a bylo třeba pracovat s literaturou výhradně zahraniční.</p>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
<p>Cíle diplomové práce byly definovány následujícím způsobem: 1) teoretický rozbor analyzovaného jevu vířivý flatr, 2) vytvoření výpočtového modelu pro definovaný případ se dvěma stupni volnosti v prostředí MATLAB vč. souvisejících nástrojů pro post-processing a 3) aplikace sestaveného modelu na konkrétní zadanou úlohu a provedení sady výpočtů vč. vyšetření vlivů některých parametrů. Struktura práce odpovídá těmto cílům, kap. 3 se zabývá teoretickým rozбором jevu a sestavením výpočtového modelu, následující kap. 4 pak dokumentuje vlastní provedené výpočty a dále v kap. 5 je provedena diskuse výsledků. Práci pak logicky doplňuje úvodní kap. 2, která obsahuje obecný úvod do aeroelastivity a popis jednotlivých aeroelastických jevů. Práce dále obsahuje přílohy, jedná se zde zejména o výpisy jednotlivých programů v MATLABu. Lze konstatovat, že cíle práce jak jsou uvedeny, byly splněny. Z časových důvodů nebylo možné programy podrobně projít a vyzkoušet, nicméně funkčnost programů byla autorem práce předvedena v rámci konzultace. Lze rovněž očekávat, že předvedení programů bude provedeno v rámci obhajoby.</p>	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Práce je soustředěna do výpočtové oblasti. Postup je zvolen správně a logicky, v podstatě kopíruje výše uvedené cíle práce. Použité výpočetní metody jsou voleny s ohledem na realizovatelnost úlohy v rámci možností pracoviště (SW vybavení, apod.) a rozsahu přiměřeného pro diplomovou práci. Prostředí MATLAB je standardním a široce používaným nástrojem pro analytické modelování v inženýrské praxi.</p>	

**Odborná úroveň**

**A - výborně**

*Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.*

Odborná úroveň předkládané práce je vysoká. Za hlavní přínos práce považuji komplexní a ucelený rozbor zkoumaného jevu. Tento rozbor zahrnuje různé modely tlumení, dále výpočet aerodynamických sil, včetně zohlednění různých vlivů a korekcí a vlastní sestavený výpočtový model. Je zřejmé, že autor se problematice věnoval velmi podrobně, o čemž svědčí mimo jiné také rozbor nesrovnalostí, nalezených v literatuře (viz např. kap. 5.2). Zvolený základní případ se dvěma stupni volnosti odpovídá charakteru předkládané práce. Aplikace sestaveného výpočtového modelu na konkrétní případ je již standardní záležitost. Prezentované výsledky dokumentují vliv jednotlivých modelů tlumení na kritickou rychlost vířivého flatru. Dále jsou uvedeny parametrické studie s variací vybraných parametrů a jsou prezentovány jednotlivé hranice stability. Tyto výpočty jsou označeny termínem „citlivostní analýzy“, vhodnější by však zde byl termín „parametrické analýzy“, to však není podstatné. Prezentované výsledky výpočtů odpovídají teoretickým předpokladům a očekáváním. Lze tudíž usuzovat, že sestavené výpočtové programy pracují korektně.

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**B - velmi dobře**

*Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.*

Předkládaná práce má rozsah celkem 152 stran, z toho hlavní text má rozsah 108 stran, zbytek připadá na obsah, seznamy, přílohy, apod. Pro kategorii diplomové práce je tento rozsah více než dostačující. Z formálního pohledu práce obsahuje všechny předepsané náležitosti (seznamy, literatura, apod.). Určité formální nedostatky, překlepy, apod. lze nalézt vždy, zde jsou v míře přiměřené. Určité výhrady lze mít k použité české terminologii, např. „motorový flatr“ (lépe vířivý flatr) „zpětný mód víření“ (lépe zpětný gyroskopický mód), překlad termínu „yaw“ jako „natočení“ nebo „otáčení“,  $\Psi$  jako otáčivý mód (lépe spíše zatáčivý), apod. Terminologické záležitosti jsou však důsledkem toho, že česká terminologie není v této velmi specifické oblasti zakotvena a neexistuje literatura, týkající se vířivého flatru v češtině (snad s výjimkou podkapitoly v učebnici plk. Kopřivy). Dále, určité jazykové nedokonalosti lze sledovat v anglickém překladu anotace.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**A - výborně**

*Vyjádrěte se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.*

Seznam použité literatury obsahuje celkem 20 položek. Z toho 4 položky jsou (aeroelastické) učebnice či skripta v češtině, zbytek je literatura zahraniční v angličtině, která má souvislost s vířivým flatrem. Je třeba proto vyzdvihnout náročnost práce s těmito zdroji. Zároveň lze konstatovat, že výběr literatury je pro účely řešené úlohy vhodný a rozsahem dostatečný. V práci jsou citované části jasně odlišeny a vždy opatřeny odkazem na zdroj. Velkou pečlivostí autora v tomto ohledu lze dokladovat např. tím, že jsou komentovány nesrovnalosti, nalezené asi ve dvou případech u převzatých obrázků. Lze tedy konstatovat, že z hlediska citační etiky, zvyklostí a norem je práce v pořádku.

#### **Další komentáře a hodnocení**

*Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.*

Předložená práce je na vysoké úrovni a za jejím vytvořením stojí mnoho práce a úsilí. Zejména je třeba vyzdvihnout rozbor související problematiky a vlastní sestavení výpočtového modelu. Autor prokázal schopnost orientace ve složité problematice a schopnost práce se zahraniční literaturou. Autor rovněž disponuje standardními inženýrskými dovednostmi (matematika, programování, apod.). Aplikace výpočtového modelu na konkrétní případ je již standardní záležitost. Prezentované výsledky jsou očekávatelné a lze tudíž usuzovat na správnou funkci vytvořených programů. Praktické předvedení funkce těchto programů by však mělo být součástí obhajoby.

#### **III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

*Autor si zvolil náročné téma, které je zpracováno velmi komplexně a podrobně. Jedná se o velmi zdařilou práci. Autor prokázal schopnost orientovat se ve složité problematice a pracovat se zahraniční literaturou. Z věcného pohledu nemám podstatnějších připomínek, pouze některé formální záležitosti (terminologie, angličtina). To však nesnižuje celkovou úroveň práce. V rámci obhajoby by autor měl předvést funkci jednotlivých sestavených programů.*

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 13.8.2019

Podpis:

